

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 805 328 A2

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

05.11.1997 Patentblatt 1997/45

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: F28D 9/00, F28F 3/08

(21) Anmeldenummer: 97105472.1

(22) Anmeldetag: 02.04.1997

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE FR GB IT

(30) Priorität: 02.05.1996 DE 19617396

(71) Anmelder: DORNIER GmbH

D-88039 Friedrichshafen (DE)

(72) Erfinder:

- Schmid, Ottmar, Dipl.-Ing.
- 88677 Markdorf (DE)

- Nigsch, Harald, Dipl.-Ing.
- 88213 Ravensburg (DE)

(74) Vertreter: Meel, Thomas

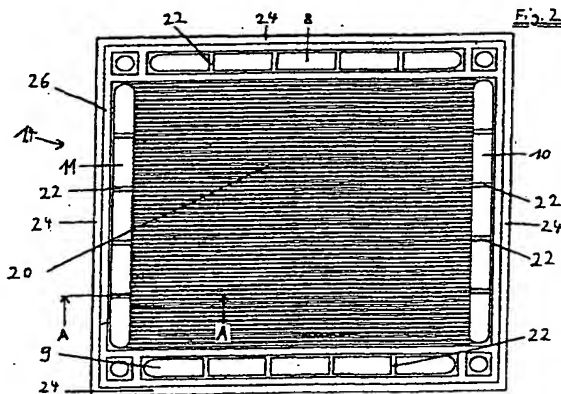
Dornier GmbH

L H G

88039 Friedrichshafen (DE)

## (54) Strömungsmodul

(57) Die Erfindung betrifft ein Strömungsmodul, umfassend eine Mehrzahl von Plattenelementen (1.1 - 1.17), wobei von den beiden jeweils sich gegenüberliegenden Oberflächen benachbarter Plattenelemente (1.1 - 1.4, 1.6, 1.8, 1.9, 1.11 - 1.15, 1.17) mindestens eine Plattenelementoberfläche eine geradlinig parallel ausgebildete Profilierung (20) aufweist, so daß zwischen benachbarten Plattenelementen Strömungsräume aus einer Mehrzahl geradliniger, paralleler Strömungskanäle (30) gebildet werden, die über Zu- und Abfuhrkanäle alternierend mit einem ersten und einem zweiten Fluid beschickt werden können. Dabei sind die Zu- und Abfuhrkanäle durch miteinander fluchtende Durchbrechungen (8,9,10,11) in den Plattenelementen (1.1 - 1.17) gebildet. Für die Abdichtungen von Strömungsräumen und Zu- und Abfuhrkanälen sind Dichtungen (5) vorhanden, und die Durchbrechungen (8,9,10,11) für die Zu- und Abfuhrkanäle erstrecken sich im wesentlichen über den gesamten Bereich der Profilierung (20), so daß ein ausgeprägter Zu- und Abfuhrraum gebildet ist. Erfindungsgemäß sind in den Durchbrechungen (8,9,10,11) für die Zu- und Abfuhrkanäle mehrere Stege (22) zur mechanischen Stabilisierung angeordnet, wobei in profilierten Plattenelementen diejenigen Stege, welche im Einlaufbereich oder Auslaufbereich der Profilierung angeordnet sind, unterhalb der Plattenelementoberfläche (21) enden.



BEST AVAILABLE COPY

305 328 A2

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Strömungsmodul nach dem Oberbegriff des Anspruch 1. Derartige Strömungsmodul werden z.B. als Plattenwärmetauscher für den Wärmeaustausch zweier Fluide benutzt.

Bekannte Strömungsmodul in der Form von Plattenwärmetauschern wie z.B. in der EP 0 578 933 A1, EP 0 203 213 A1 und EP 0 487 931 A1 beschrieben, versuchen durch aufwendige Strukturen der Profilierung im Platteneinlauf- und Plattenauslaufbereich eine homogene Strömung über den Plattenbereich zu erreichen. Diese Platteneinlauf- und Plattenauslaufprofilierungen weisen folgende Nachteile auf:

- Der wesentliche Druckabfall erfolgt über einen kleinen Teil der Wärmeaustauschenden Fläche im Platteneinlauf- und Plattenauslaufbereich und wird somit nicht effizient zur Realisierung einer möglichst starken Strömung über die ganze Platte eingesetzt.
- Es tritt ein hoher Druckabfall auf, der eine hohe Pumpleistung erfordert.
- Die Strömungsverteilung im Platteneinlauf- und Plattenauslaufbereich ist stark abhängig von der Strömungsgeschwindigkeit und verschlechtert sich erheblich mit zunehmender Strömungsgeschwindigkeit.

Die gleichen Probleme treten auf, wenn das Strömungsmodul anstatt als Wärmetauscher als Stoffaustauscher (jede zweite Platte ist durchlässig für mindestens eines der beiden Fluide, z.B. JP 1-230 991 A) oder als Reaktor (eines der beiden Fluide wird durch Beschichtung einzelner Platten mit einem reaktiven Stoff, z.B. einem Katalysator in Kontakt gebracht, das andere Fluid dient zur Temperierung des Reaktors, z.B. DE 34 34 415 A1) verwendet wird. (Anmerkung: die bisher als "Platten" bezeichneten Gegenstände werden im folgenden verallgemeinernd als "Plattenelemente" bezeichnet).

Eine Vorrichtung, mit dem die obengenannten Probleme gelöst werden, ist in der JP 3-177 791 A offenbart. Diese Vorrichtung entspricht dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Sie umfaßt insbesondere eine geradlinig parallel ausgebildete Profilierung, und die Durchbrechungen in den einzelnen Plattenelementen für die Zu- und Abfuhrkanäle erstrecken sich im wesentlichen über den gesamten Bereich der Profilierung. Eine derartige Ausbildung, der Durchbrechungen für die Zu- und Abfuhrkanäle ist darüberhinaus auch aus der DE-OS 15 01 617 bekannt.

Nachteilig an diesen Vorrichtungen ist, daß aufgrund der beschriebenen Ausbildung der Durchbrechungen für die Zu- und Abfuhrkanäle die Längsleisten der einzelnen Plattenelemente unter Druckbetrieb nach außen gedrückt werden. Dies kann zur Zerstörung der Vorrichtung führen. Insbesondere aber besteht die

tenelementen angeordneten Dichtungen verschoben werden können.

Der vorliegenden Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, ein Strömungsmodul zu schaffen, mit dem auch unter Druckbetrieb die Stabilität der Vorrichtung erhalten bleibt, ohne daß die Strömungseigenschaften im Platteneinlauf- und Plattenauslaufbereich wesentlich verschlechtert werden.

Diese Aufgabe wird mit einer Vorrichtung nach Patentanspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausbildungen sind Gegenstand weiterer Ansprüche.

Die Plattenelemente weisen eine geradlinige parallele Profilierung auf, so daß ein Strömungsraum zwischen jeweils zwei benachbarten Plattenelementen als Mehrzahl geradliniger, paralleler Strömungskanäle ausgebildet ist, und die Durchbrechungen für die Zu- und Abfuhrkanäle der beiden Fluide erstrecken sich im wesentlichen über den gesamten Bereich der Profilierung, so daß ein ausgeprägter Zu- und Abfuhrraum gebildet ist. In den Durchbrechungen für die Zu- und Abfuhrkanäle sind erfindungsgemäß mehrere Stege zur mechanischen Stabilisierung angeordnet, wobei in profilierten Plattenelementen diejenigen Stege, welche im Einlaufbereich oder Auslaufbereich der Profilierung angeordnet sind, unterhalb der Plattenelementoberfläche enden.

In einer vorteilhaften Ausführung ist der Querschnitt der Zu- oder Abfuhrkanäle größer ist als die Summe der Querschnitte der zwischen zwei benachbarten Plattenelementen vorhandenen Strömungskanäle. Wie bereits erwähnt, kann das erfindungsgemäße Strömungsmodul bevorzugt, jedoch nicht ausschließlich, als Wärmetauscher, Stoffaustauscher oder Reaktor verwendet werden.

Durch die erfindungsgemäße Ausbildung der Stege wird eine verbesserte Versorgung der Strömungskanäle ermöglicht, so daß die gesamte Fläche für den Wärme- oder Stoffaustausch genutzt werden kann. Die Absenkung der Stege bewirkt darüberhinaus eine Vermischung der zwischen den einzelnen Stegen fließenden Fluidanteile.

Durch die Größe und Geometrie des Zu- und Abfuhrraums für die beiden beteiligten Fluide wird erreicht, daß der wesentliche Druckabfall in den profilierten Plattenelementen nahezu gleichmäßig über die ganze Länge der parallelen Strömungskanäle entsteht. Dadurch wird nahezu höchste Effizienz hinsichtlich Wärme- oder Stoffaustausch pro Energiezusatz sowie ein sehr geringes Bauvolumen und kleine Masse erreicht, so daß ein Minimum an Investitionskosten realisiert wird.

Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird ein erhöhter flächenspezifischer Wärme- oder Stoffaustausch bei konstantem Fluidruckabfall über die Plattenelemente erreicht, wobei die Gesteungskosten nicht erhöht werden müssen.

Die beiden beteiligten Fluide können sowohl in gasförmiger als auch in flüssiger Form vorliegen.

Zu- und Abfuhrkanälen werden bevorzugt Elastomerdichtungen verwendet. Diese können in Nuten (26), welche in den Plattenelementen verlaufen, integriert sein. Die Elastomerdichtungen können dabei in die Nuten vorteilhaft einvulkanisiert oder eingelegt oder eingespritzt werden. Neben den Elastomerdichtungen können natürlich auch alle sonstigen bekannten Dichtungsmöglichkeiten verwendet werden, z.B. durch Schweißen, Löten oder Kleben hergestellte feste Verbindungen.

### Ausführung als Wärmetauscher

In dieser Ausführung werden die profilierten Plattenelemente aus Werkstoffen gefertigt, die eine gute Wärmeleitfähigkeit aufweisen, wie z.B. Metalle und Graphit. Hierbei können sehr geringe Bearbeitungskosten durch den Einsatz einfacher Fertigungsverfahren wie Stanzen der Durchbrechungen und Prägen der Profilierung erreicht werden. Insbesondere die Verwendung von Graphitfolien als Plattenelemente die sehr einfach geprägt werden können, erlaubt auch den Einsatz von sehr aggressiven Fluiden wie konzentrierte Säuren oder Laugen.

Grundsätzlich können in der Ausführung als Wärmetauscher einseitig oder beidseitig profilierte Plattenelemente eingesetzt werden. Bei der Verwendung von beidseitig profilierten Plattenelementen werden jeweils zwischen profilierten Plattenelementen ein beidseitig glattes Plattenelement, d. h. ohne Profilierung über den ganzen Plattenelementdurchschnitt eingesetzt. Eine andere vorteilhafte Ausführung wird erreicht mit dem Einsatz von ausschließlich einseitig profilierten Plattenelementen.

Grundsätzlich können bei dieser Ausführungsform für die Primär- und Sekundärseite des Wärmetauschers sowohl flüssige als auch gasförmige Fluide eingesetzt werden. Häufig werden Gas/Gas- oder Gas/Flüssigwärmetauscher benötigt. Hierbei bestimmt der gasseitige Wärmeübergang den Wärmedurchgang. Durch die homogene Strömungsverteilung, die mit der erfindungsgemäßen Anordnung erzielt wird, können hohe spezifische Wärmetauscherleistungen realisiert werden.

### Ausführung als Stoffaustauscher

In dieser Ausführung läßt fortlaufend jedes zweite Plattenelement einen Stoffaustausch zwischen den beiden beteiligten Fluiden zu. Insbesondere können diese durchlässigen Plattenelemente als Membrane oder Membrankombinationen wie z.B. Composite Membranen ausgebildet sein. Man spricht dann von Membranmodulen. In dieser Ausführung folgt jeweils auf ein beidseitig profiliertes und stoffundurchlässiges Plattenelement eine Membran, die naturgemäß keine Profilierung aufweist.

Mit diesem Modul können unterschiedliche Membranprozesse wie z.B. Membrandestillation, Pervaporation,

Besonders vorteilhaft wirkt sich dabei die homogene Strömungsverteilung der Fluide über das profilierte Plattenelement auf die Trennleistung der Membranmodule aus. Die Plattenkonstruktion erlaubt den Einbau unterschiedlicher Membranen wie z.B. porös hydrophil, porös hydrophob, dichte Membranen, asymmetrische Membrane und Composite Membranen. Dabei kann durch Anpassung des Plattenelements, sowie der an den Plattenelementen vorhandenen Dichtung hinsichtlich Form und Werkstoff sowie Härte der Dichtung und Geometrie der profilierten Plattenoberfläche das Strömungsmodul an die jeweilige Anwendung angepaßt werden. Jedoch sollte zur Realisierung einer homogenen Strömungsverteilung über die gesamte Länge der Strömungskanäle (Idealfall Propfenströmung) der Querschnitt der Fluid zu- bzw. Abfuhrkanäle größer sein als die Summe der Querschnitte der Strömungskanäle innerhalb eines profilierten Plattenelements. Grundsätzlich können für Permeat und Feed sowohl flüssige als auch gasförmige Fluide eingesetzt werden.

### Ausführung als Reaktor

In dieser Ausführung sind einzelne Oberflächen von Plattenelementen mit einem reaktiven Material, z.B. einem Katalysator beschichtet. Diese Oberflächen werden derart ausgewählt, daß genau eines der beiden Fluide auf seinem Weg durch das Strömungsmodul mit dem reaktiven Material in Kontakt kommt. Der Reaktor kann grundsätzlich analog wie in der Ausführung als Wärmetauscher mit einseitig oder beidseitig profilierten Plattenelementen eingesetzt werden. Bei der Verwendung von beidseitig profilierten Plattenelementen werden jeweils zwischen profilierten Plattenelementen ein beidseitig unprofilirtes (z.B. mit annähernd glatter Oberfläche) Plattenelement angeordnet. Eine weitere vorteilhafte Ausführung wird erreicht durch jeweils nur einseitig profilierten Plattenelemente.

Der Katalysator reagiert mit einem der Fluide in den für dieses Fluid vorgesehenen Strömungskanälen (entspricht der Sekundärseite des Wärmetauschers). Die Strömungskanäle des zweiten Fluids jedoch sind frei von dem Katalysator (entspricht der Sekundärseite des Wärmetauschers). Das zweite Fluid dient zur Temperierung des Reaktors.

Der Katalysator wird auf die Plattenelemente, die primärseitig angeordnet sind, z.B. durch ein thermisches Beschichtungsverfahren, aufgebracht.

Bei vielen Reaktoren findet der größte Umsatz innerhalb des ersten Drittels des Reaktors statt. Die überwiegende Reaktorlänge wird benötigt, um die restlichen Reaktanten, die aufgrund der ungenügenden homogenen Strömungsverteilung verblieben sind, umzusetzen. Die Strömungsverteilung bzw. das Verweilzeitspektrum der Reaktanten beeinflußt die Reaktorgröße wesentlich. Da mit der erfindungsgemäßen Ausbildung eine sehr homogene Strömungsverteilung erzielt wird, ist sie für den Einsatz als Reaktor besonders geeignet.

richtung werden anhand von Fig. näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 ein erfindungsgemäßes Strömungsmodul, ausgebildet als Plattenwärmetauscher (explodiert) 5  
 Fig. 2 ein einzelnes Plattenelement mit profilierter Oberfläche  
 Fig. 3 eine Schnittdarstellung des Plattenelements nach Fig. 2 (Schnittlinie AA in Fig. 2) 10  
 Fig. 4 ein Detail aus Fig. 2  
 Fig. 5 ein erfindungsgemäßes Strömungsmodul, ausgebildet als Plattenwärmetauscher (explodiert)  
 Fig. 6 ein erfindungsgemäßes Strömungsmodul, ausgebildet als Stoffaustauscher (explodiert) 15  
 Fig. 7,8 jeweils ein erfindungsgemäßes Strömungsmodul, ausgebildet als Reaktor (explodiert). 20

Fig. 1 zeigt ein erstes Beispiel für eine erfindungsgemäße Vorrichtung in Explosionsdarstellung, hier als Wärmetauscher ausgebildet. Die Vorrichtung umfaßt eine Mehrzahl von Plattenelementen 1.1 - 1.3 (Plattenelemente, die mindestens auf einer Oberfläche eine Profilierung aufweisen, werden im folgenden auch als Strömungsplatten bezeichnet) aus wärmeleitfähigem Material, von denen hier drei eingezeichnet sind. Im vorliegenden Fall weist jeder der drei Plattenelemente 1.1 - 1.3 eine einseitige Profilierung auf (die Profilierung selbst ist in der Fig. nicht dargestellt), und zwar befindet sich die Profilierung jeweils auf der dem Betrachter zugewandten Oberfläche der Plattenelemente. Diese Profilierung bildet Strömungskanäle für die beteiligten Fluide. Die Profilierung ist im einzelnen in Fig. 2 dargestellt. Auf diese Weise werden jeweils zwischen den Oberflächen benachbarter Plattenelemente 1.1 und 1.2 bzw. 1.2 und 1.3 Strömungsräume (bestehend aus den einzelnen Strömungskanälen einer profilierten Oberfläche) gebildet. Diese Strömungsräume zwischen benachbarten Plattenelementen können alternierend mit einem ersten und zweiten Fluid beschickt werden. So strömt z.B. zwischen linkem 1.1 und mittlerem 1.2 Plattenelement das erste Fluid, und zwischen mittlerem 1.2 und rechten Plattenelement 1.3 das zweite Fluid. Jenseits des rechten Plattenelements 1.3 fließt dann wieder das erste Fluid usw..

Die Zu- und Abfuhrkanäle für die beiden Fluide werden durch miteinander fluchtende Durchbrechungen 8,9,10,11 an den Rändern der Plattenelemente 1.1 - 1.3 gebildet. In der hier gezeigten Ausführung ist jede der vier Durchbrechungen jeweils mit mehreren Stegen 22 zur mechanischen Stabilisierung versehen. Die beiden Durchbrechungen 10,11 am linken bzw. rechten Rand sind für die Zu- und Abfuhr des ersten Fluids vorgesehen, und die beiden Durchbrechungen 8,9 am oberen bzw. unteren Rand für die Zu- und Abfuhr des zweiten

gen für die Zu- und Abfuhr der beiden Fluide sind die Strömungskanäle von Plattenelement zu Plattenelement fortlaufend um 90° zueinander verdreht. Um die abwechselnde Beschickung mit Fluid 1 und Fluid 2 zu gewährleisten, sind die beiden Dichtungen 5 entsprechend unterschiedlich ausgebildet. Bei der hier dargestellten Anordnung von Dichtungen 5 und Plattenelementen 1.1 bis 1.3 verläuft die geradlinige Profilierung im linken 1.1 und rechten 1.3 Plattenelement parallel zur oberen oder unteren Kante und im mittleren Plattenelement 1.2 parallel zur linken oder rechten Kante.

Die zur Realisierung einer verlässlichen Dichtung sowie zur Minimierung der Gesteungskosten zwischen jeweils zwei Plattenelementen eingesetzten Dichtungen 5 sind jeweils als umlaufende Dichtungen ausgebildet, die in einer umlaufenden Nut einer Plattenelementoberfläche integriert wird. Dabei können vorgefertigte Elastomerdichtungen in die Dichtungsnuten eingelegt werden. Ferner ermöglicht die Verwendung von Elastomerdichtungen deren direkte Einspritzung, so daß ein fester Verbund zwischen Dichtung und Plattenelement entsteht. Dadurch wird der Montageaufwand erheblich vermindert.

Die Zu- und Abfuhrkanäle sind über nicht dargestellte Flansche mit äußeren Zu- und Abfuhrleitungen verbunden. Um die angestrebte homogene Strömungsverteilung über den gesamten profilierten Bereich der Plattenelemente zu erreichen, muß die Fluidführung durch die äußeren Zu- und Abfuhrleitungen mit möglichst geringem Druckverlust und homogener Strömungsverteilung geschehen. Dies wird konstruktiv durch große Strömungsquerschnitte im Bereich der Zu- und Abfuhrkanäle der Flansche erreicht, indem die Flansche im Bereich der Zu- und Abfuhrkanäle Aussparungen aufweisen. Ferner kann eine homogene Strömungsführung durch eine Zwischenplatte erreicht werden, die zwischen Flansch und erstem Plattenelement bzw. Flansch und letztem Plattenelement angeordnet ist.

Ein einzelnes, profiliertes Plattenelement 1.4, wie es in dem Strömungsmodul nach Fig. 1 aber auch in anderen Ausführungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung (z.B. Stoffaustauscher, Reaktor) verwendet werden kann, zeigt Fig. 2 in Draufsicht. Der größte Teil der Oberfläche wird von dem profilierten Bereich 20 eingenommen. Die Profilierung bildet geradlinige, parallele Strömungskanäle 30 (Fig. 4). An den Rändern sind die Durchbrechungen 8,9,10,11 für die Zu- und Abfuhr der beiden Fluide angeordnet. Fluchtend übereinander angeordnet, bilden die Durchbrechungen 8,9,10,11 neben- oder übereinanderliegender Strömungsplatten Zu- und Abfuhrkanäle. Am rechten Rand befindet sich die Durchbrechung 10 für die Zufuhr des ersten Fluids, an dem gegenüberliegenden linken Rand befindet sich die Durchbrechung 11 für die Abfuhr des ersten Fluids. Auf seinem Weg zwischen Zufuhrkanal und Abfuhrkanal strömt das erste Fluid durch die in der Fig. daroe-

Durchbrechungen erstrecken sich entlang der Kantenlage des Plattenelements über den gesamten Bereich der Profilierung (quer zu den Strömungskanälen), so daß ein ausgeprägter Zu- und Abführraum für das Fluid gebildet wird.

Am oberen Rand befindet sich die Durchbrechung 8 für die Zufuhr des zweiten Fluids, und am gegenüberliegenden unteren Rand 9 befindet sich die Durchbrechung für die Abfuhr des zweiten Fluids. Dieses zweite Fluid strömt in der Profilierung der zu dem gezeigten Plattenelement benachbarten Plattenelement.

Die umlaufende Nut 26 sorgt für die Abdichtung von Zu- und Abfuhrkanälen nach außen sowie gegenüber den Strömungsräumen zwischen benachbarten Plattenelementen.

In den Durchbrechungen für die Zu- und Abfuhräume sind die erfindungsgemäßen Stege 22 zur mechanischen Stabilisierung angeordnet, da der Fluidruck in den Zu- und Abfuhrkanälen versucht, die Längsleisten 24 der Plattenelemente nach außen zu drücken. Die Stege sind jeweils zwischen den Längsleisten 24 und dem profilierten Bereich 20 des Plattenelements angeordnet. Die Anzahl der Stege 22 und deren Breite kann spezifisch an die mechanischen Anforderungen angepaßt werden. Die Oberflächen der Stege, welche im Einlaufbereich oder Auslaufbereich der Profilierung angeordnet sind (hier also die Stege in den Durchbrechungen 10 und 11) enden etwas unterhalb der profilierten Plattenoberfläche (in etwa auf dem unteren Niveau der Profilierung). Dadurch kann eine verbesserte Versorgung der Strömungskanäle im Stegbereich ermöglicht werden, um die gesamte Fläche für den Wärme- oder Stoffaustausch zu nutzen. Diese Absenkung der Stege bewirkt darüberhinaus eine Vermischung der zwischen den einzelnen Stegen fließenden Fluidanteile. Der Aufbau der Stege 22 ist im Detail in Fig. 3 dargestellt.

Für die Strömungsplatten ist eine Vielzahl von Werkstoffen möglich. Besonders vorteilhaft hinsichtlich Leistungsdaten und Gesteungskosten haben sich aber Plattenausführungen aus Metall, Kunststoff oder Graphit erwiesen. Diese Werkstoffe können zur Herstellung der Profilierung und der Nuten für die Dichtungen mit einfachen und kostengünstigen Fertigungsverfahren wie Weichprägen/Stanzen, Spritzgießen etc. bearbeitet werden. Möglich sind aber auch spanabhebende Verfahren.

Das dargestellte profilierte Plattenelement 1.4 ist hier von rechteckiger Grundfläche. Dies ermöglicht eine homogene Zu- und Abfuhr der Fluide über die Durchbrechungen ohne separate Strömungsverteiler. Dabei sind alle Strömungskanäle einer Plattenoberfläche direkt mit dem Plattendurchbruch verbunden.

Fig. 3 zeigt eine Schnittdarstellung des Plattenelements 1.4 nach Fig. 2 (Schnitt entlang der Linie AA in Fig. 2). Man erkennt, daß der Steg 22 unterhalb der Plattenelementoberfläche 21, nämlich auf dem Niveau des Bodens 31 der Kanäle 30, endet. Die Oberfläche 23

somit stufenlos ineinander über. Die Bezugszeichen 24, 26, 11 bezeichnen die gleichen Bauteile wie in Fig. 2.

Fig. 4 zeigt ein Detail des Plattenelements 1.4 nach Fig. 2. Zu erkennen sind die Strömungskanäle 30 auf der Plattenelementoberfläche, sowie die Durchbrechungen 10,9 für die Zufuhr des einen Fluids und die Abfuhr des anderen Fluids. Die umlaufende Nut 26 ist für die Integration der umlaufenden Dichtung vorgesehen. In der äußeren Ecke des Plattenelements befindet sich eine Bohrung 28 für die Zuganker, mit denen die über- oder nebeneinanderliegenden Plattenelemente aneinandergepreßt werden können.

Fig. 5 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung, welches als Wärmetauscher ausgebildet ist. Anders als in Fig. 1 sind die beiden äußeren Plattenelemente 1.6,1.8 nun auf beiden Oberflächen profiliert, während das mittlere Plattenelement 1.7 beidseitig eine glatte Oberfläche aufweist und als dichte Folie ausgebildet ist. Im übrigen entspricht diese Ausführung der in Fig. 1 gezeigten.

Fig. 6 zeigt eine als Membranmodul ausgebildete Ausführung. Dargestellt sind drei Plattenelemente 1.9 - 1.11, wobei die beiden äußeren 1.9,1.11 beidseitig profilierte, dichte Strömungsplatten sind. Das mittlere Plattenelement 1.10 ist als Membrane ausgebildet, die einen Stoffaustausch der beiden an die Membran angrenzenden Fluide ermöglicht. Jeweils im Eintrittsbereich und Austrittsbereich der Strömungskanäle ist ein Stützblech 6 zur Abstützung der benachbarten Dichtung 5 angeordnet. Dieses Stützblech 6 verhindert außerdem ein Eindringen der Membran 1.10 in die Strömungskanäle. Zusätzlich wird durch die Integration des Stützblechs eine verlässliche Abdichtung erreicht.

Fig. 7 zeigt einen erfindungsgemäß ausgebildeten Reaktor. Die drei dargestellten Plattenelemente 1.12 - 1.14 sind jeweils einseitig profiliert, wobei die Profilierung auf der dem Betrachter zugewandten Seite vorhanden ist. Bei den beiden äußeren Plattenelementen 1.12, 1.14 sind die profilierten Oberflächen mit einem Katalysator beschichtet, während das mittlere Plattenelement 1.13 keine Katalysator-Beschichtung aufweist. Bei dieser Anordnung kommt also nur das Fluid (Reactant), welches sich zwischen mittlerem 1.13 und rechtem 1.14 Plattenelement sowie diesseits des linken Plattenelements 1.12 befindet, mit dem Katalysator in Kontakt, während das andere Fluid (Wärmeträger), das sich zwischen linkem 1.12 und mittlerem 1.13 Plattenelement sowie jenseits des rechten Plattenelements 1.14 befindet, keinen Kontakt mit dem Katalysator hat.

Fig. 8 zeigt einen weiteren erfindungsgemäß ausgebildeten Reaktor. Die beiden äußeren Plattenelemente 1.15, 1.17 sind beidseitig profiliert, weisen jedoch keine Katalysatorbeschichtung auf. Das mittlere Plattenelement 1.16 ist als dichte Folie ausgebildet, wobei die dem Betrachter abgewandte Seite mit einem Katalysator beschichtet ist. Bei dieser Anordnung kommt nur das Fluid (Reactant), welches sich zwischen

diesseits des linken Plattenelements 1.15 befindet, mit dem Katalysator in Kontakt, während das andere Fluid (Wärmeträger), das sich zwischen linkem 1.15 und mittlerem 1.16 Plattenmodul sowie jenseits des rechten Plattenelements 1.17 befindet, keinen Kontakt mit dem Katalysator hat.

Allen in den Fig. 1 sowie 5 bis 8 gezeigten Ausführungsbeispiele ist gemeinsam, daß genau einer der beiden sich gegenüberliegenden Oberflächen benachbarter Plattenelemente eine Profilierung aufweist. Dies wird in den meisten Fällen die fertigungstechnisch günstigste Lösung sein, schließt jedoch nicht aus, daß beide Oberflächen mit einer identischen Profilierung versehen werden, die insbesondere fluchtend übereinanderliegen.

#### Patentansprüche

1. Strömungsmodul, umfassend eine Mehrzahl von Plattenelementen (1.1 - 1.17), wobei von den beiden jeweils sich gegenüberliegenden Oberflächen benachbarter Plattenelemente (1.1 - 1.4, 1.6, 1.8, 1.9, 1.11 - 1.15, 1.17) mindestens eine Plattenelementoberfläche eine geradlinig parallel ausgebildete Profilierung (20) aufweist, so daß zwischen benachbarten Plattenelementen Strömungsräume aus einer Mehrzahl geradliniger, paralleler Strömungskanäle (30) gebildet werden, die über Zu- und Abfuhrkanäle alternierend mit einem ersten und einem zweiten Fluid beschickt werden können, wobei die Zu- und Abfuhrkanäle durch miteinander fluchtende Durchbrechungen (8,9,10,11) in den Plattenelementen (1.1 - 1.17) gebildet werden, und Dichtungen (5) für die Abdichtungen von Strömungsräumen und Zu- und Abfuhrkanälen vorhanden sind, und die Durchbrechungen (8,9,10,11) für die Zu- und Abfuhrkanäle sich im wesentlichen über den gesamten Bereich der Profilierung (20) erstrecken, so daß ein ausgeprägter Zu- und Abfuhrkanal gebildet ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß in den Durchbrechungen (8,9,10,11) für die Zu- und Abfuhrkanäle mehrere Stege (22) zur mechanischen Stabilisierung angeordnet sind, wobei in profilierten Plattenelementen diejenigen Stege, welche im Einlaufbereich oder Auslaufbereich der Profilierung angeordnet sind, unterhalb der Plattenelementoberfläche (21) enden.
2. Strömungsmodul nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Plattenelemente (1.1 - 1.17) aus einem Material mit guter Wärmeleitfähigkeit bestehen.
3. Strömungsmodul nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß jedes zweite Plattenelement (1.10) eine Membran ist, die einen Stoffaustausch zwischen den beiden Fluiden ermöglicht.
4. Strömungsmodul nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß Oberflächen einzelner Plattenelemente (1.12, 1.14, 1.16) mit einem reaktiven Material, z.B. einem Katalysator beschichtet sind, wobei die zu beschichtenden Oberflächen derart ausgewählt sind, daß nur eines der beiden Fluide mit dem reaktiven Material in Kontakt gebracht wird.
5. Strömungsmodul nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß von den beiden sich jeweils gegenüberliegenden Oberflächen benachbarter Plattenelemente genau eine Oberfläche eine Profilierung aufweist.
6. Strömungsmodul nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Plattenelemente (1.1, 1.2, 1.3) jeweils einseitig profiliert sind.
7. Strömungsmodul nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß fortlaufend jedes zweite Plattenelement (1.12, 1.14, 1.16) auf seiner Profilierung mit dem reaktiven Material beschichtet ist.
8. Strömungsmodul nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Plattenelemente (1.6, 1.7, 1.8; 1.9, 1.10, 1.11; 1.15, 1.16, 1.17) abwechselnd entweder beidseitig profiliert sind oder beidseitig keine Profilierung aufweisen.
9. Strömungsmodul nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Plattenelemente, welche beidseitig keine Profilierung aufweisen, als Folien (1.7, 1.16) ausgebildet sind.
10. Strömungsmodul nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Plattenelemente, welche beidseitig unprofiliert sind, einseitig mit dem reaktiven Material beschichtet sind, so daß nur eines der beiden Fluide mit dem reaktiven Material in Kontakt gebracht wird.
11. Strömungsmodul nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Plattenelemente, welche beidseitig unprofiliert und einseitig mit einem reaktiven Material beschichtet sind (1.16), Folien sind.
12. Strömungsmodul nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Plattenelemente, welche keine Profilierung aufweisen, Membranen (1.10) sind, die einen Stoffaustausch zwischen den beiden Fluiden ermöglichen.
13. Strömungsmodul nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Querschnitt der Zu- oder Abfuhrkanäle größer ist als die Summe der Querschnitte der zwischen zwei benachbarten Plattenelementen vorhandenen Strömungskanälen (30).

14. Strömungsmodul nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Druckabfallverhältnis zwischen Druckabfall über die Profilierung (20) und Druckabfall über Zu- und Abfuhrraum  $> 10$  vorhanden ist, so daß eine Gleichverteilung der Fluide über die Profilierung (20) einer oder mehrerer Plattenelemente (1.1 - 1.17) gegeben ist. 5
15. Strömungsmodul nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Strömungskanäle (30) für das erste und zweite Fluid um ca.  $90^\circ$  gegeneinander gedreht sind. 10
16. Strömungsmodul nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Zu- und Abfuhrkanäle über Flansche mit äusseren Zu- und Abfuhrleitungen verbunden sind, wobei die Flansche im Bereich der Zu- und Abfuhrkanäle Aussparungen zur Verminderung des Druckabfalls aufweisen. 15 20
17. Strömungsmodul nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß Plattenelemente aus Kunststoff oder Metall oder Graphit sind. 25
18. Strömungsmodul nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Plattenelemente (1.1 - 1.17) rechteckig sind. 30
19. Strömungsmodul nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Dichtungen (5) Elastomerdichtungen sind, die in Nuten (26), welche in den Plattenelementen verlaufen, integriert sind. 35
20. Strömungsmodul nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Nut (26) in Form einer umlaufenden Nut ausgebildet ist. 40
21. Strömungsmodul nach einem der Ansprüche 19 oder 20, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Elastomerdichtungen (5) in die Nuten (26) einvulkanisiert oder eingelegt oder eingespritzt sind. 45
22. Strömungsmodul nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Profilierung (20) der Plattenelemente und/oder die Nuten (26) für die Dichtungen durch Prägung, z.B. von Metallfolien oder Graphitfolien oder durch Spritzguß oder Weichprägen/Stanzen oder durch spanabhebende Verfahren hergestellt sind. 50
23. Strömungsmodul nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Einlauf- und Auslaufbereich der Profilierung mit einem Stützblech (6) versehen ist, welches die 55



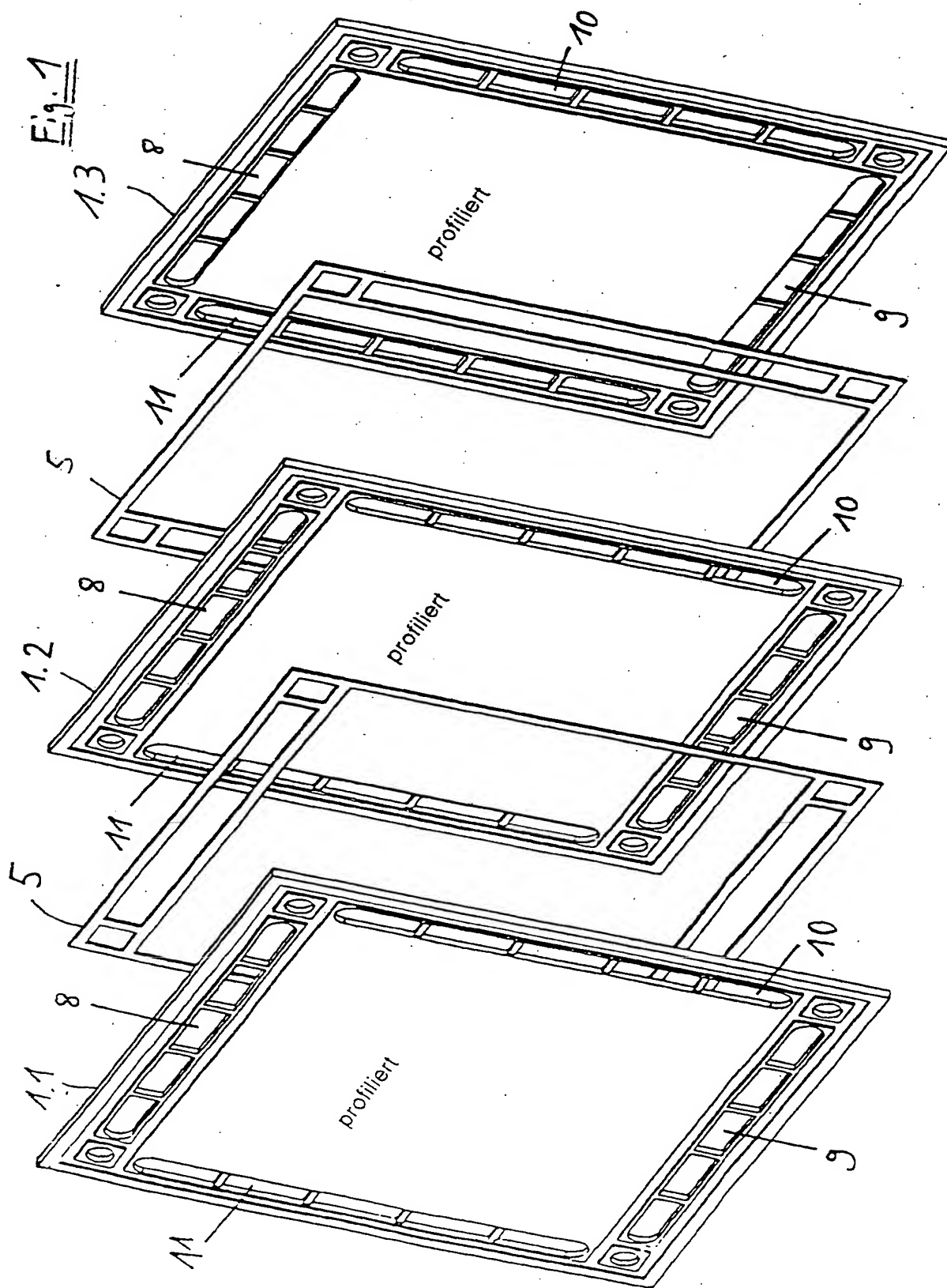
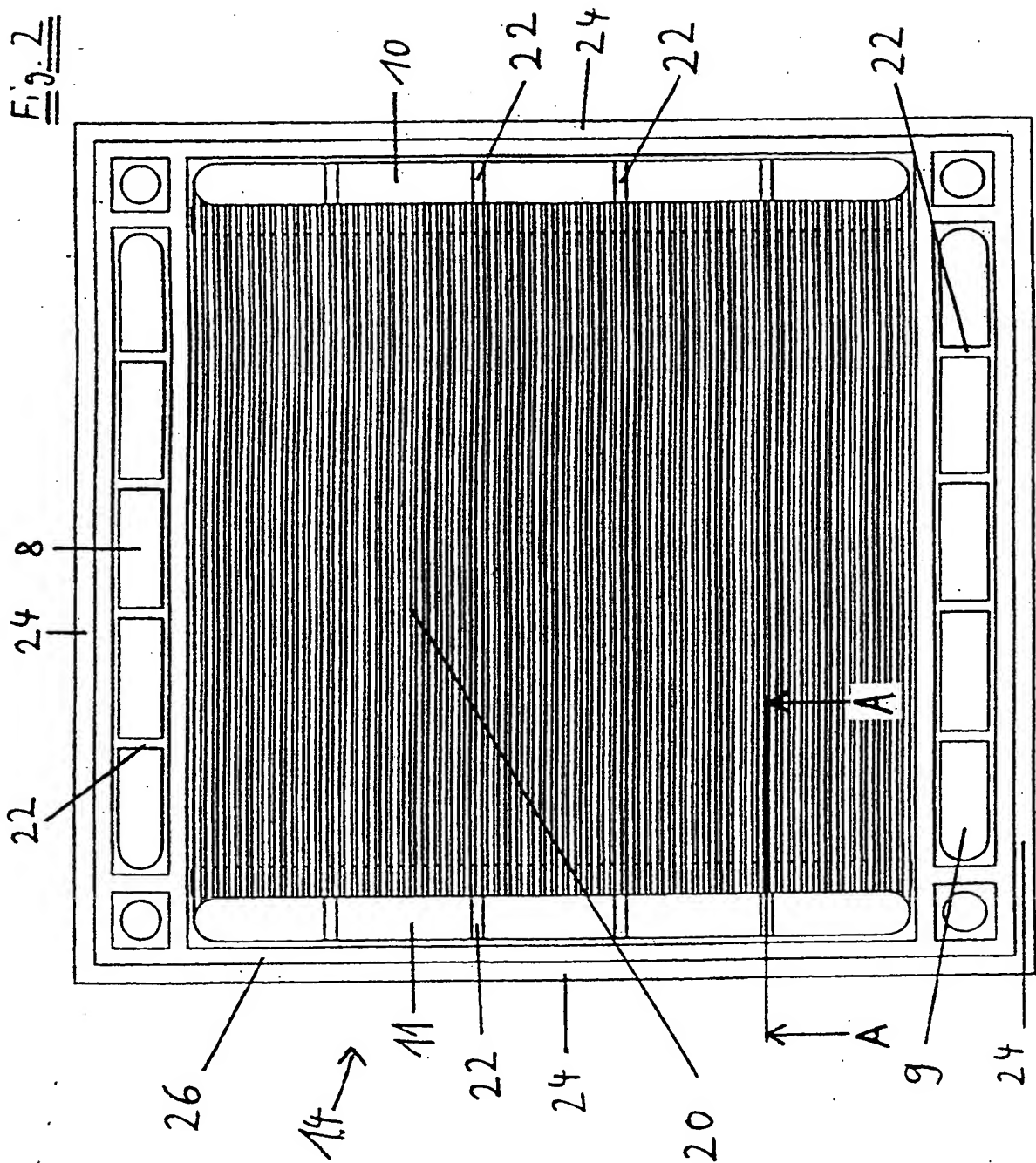




Fig. 2



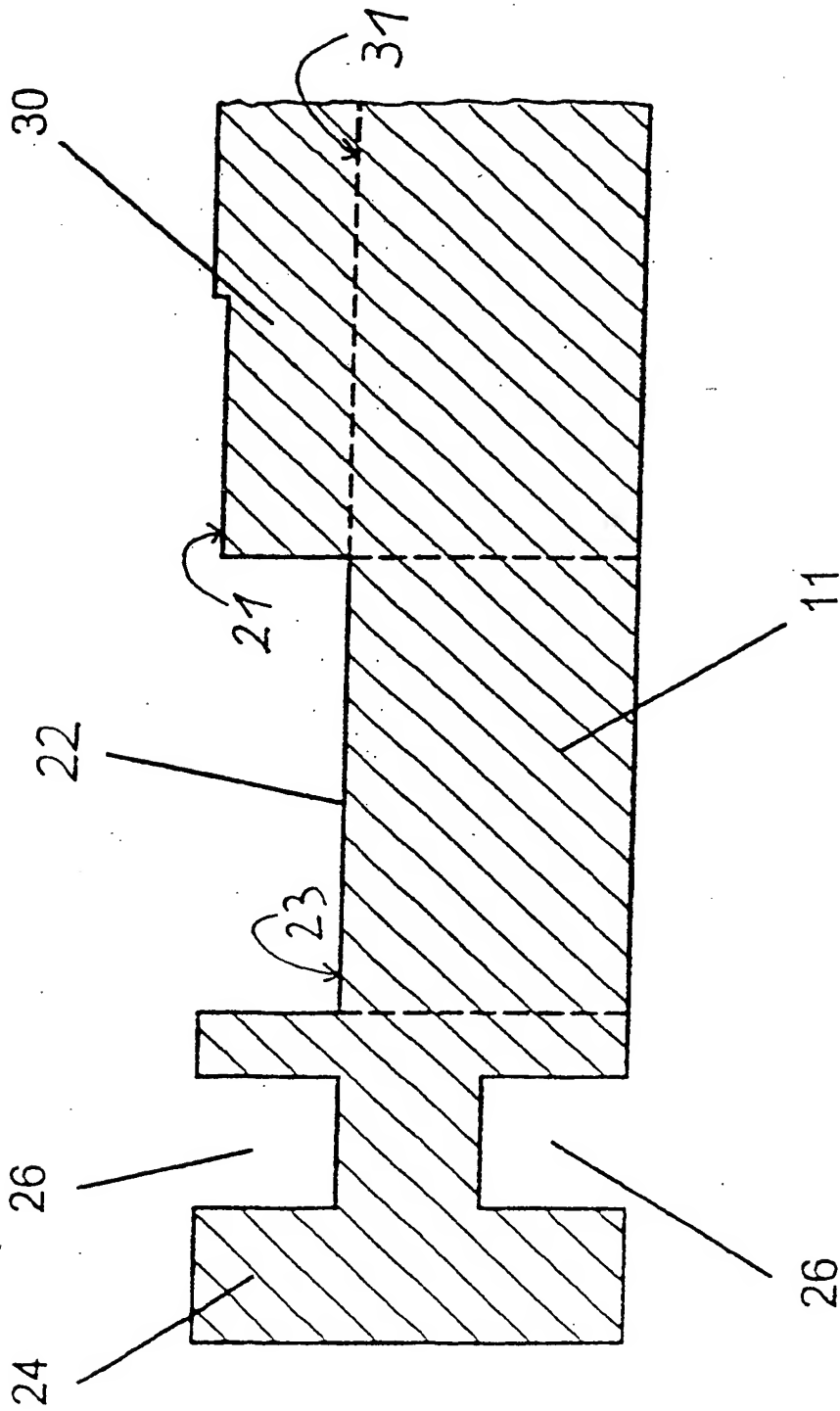
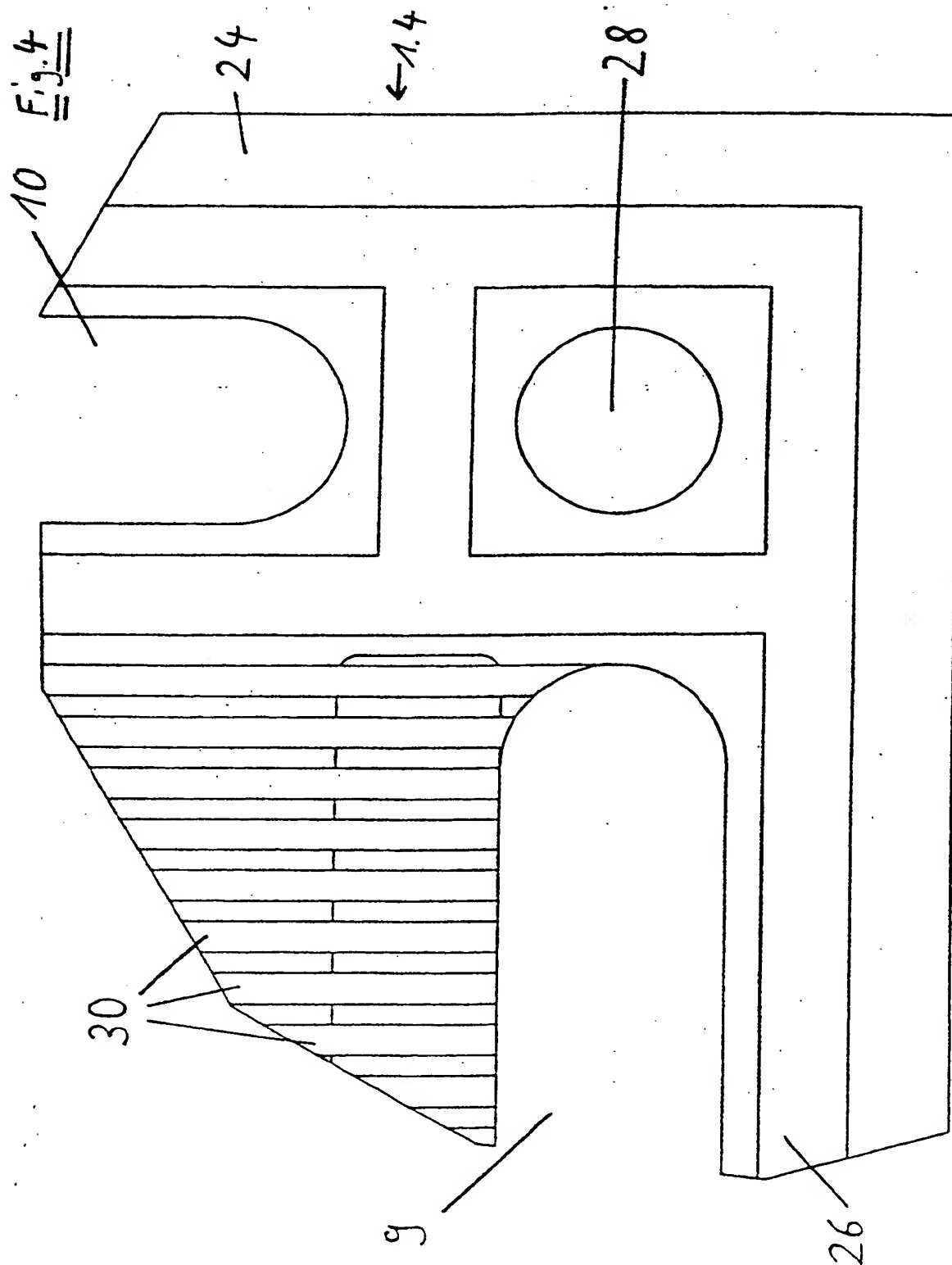


Fig. 3



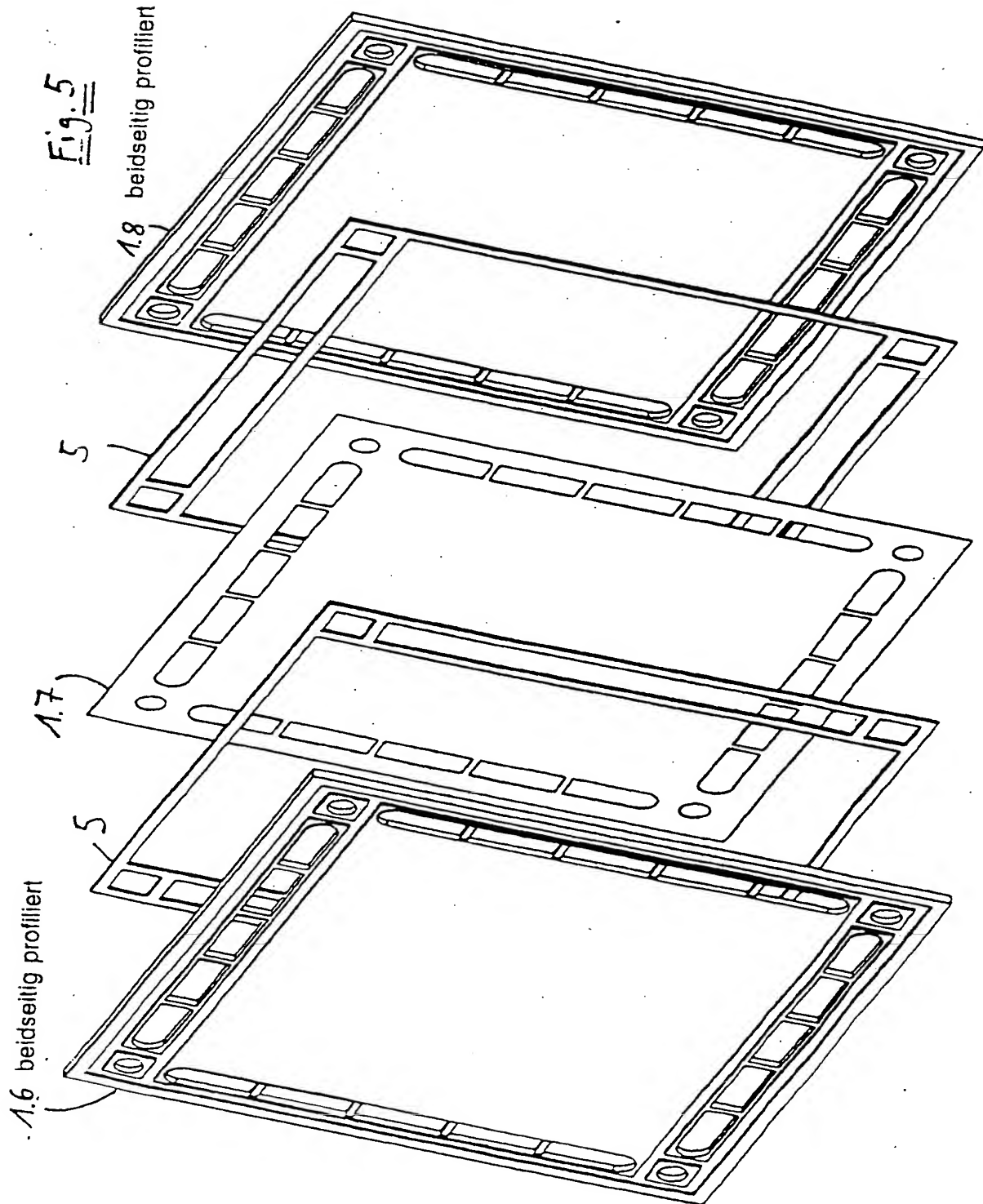
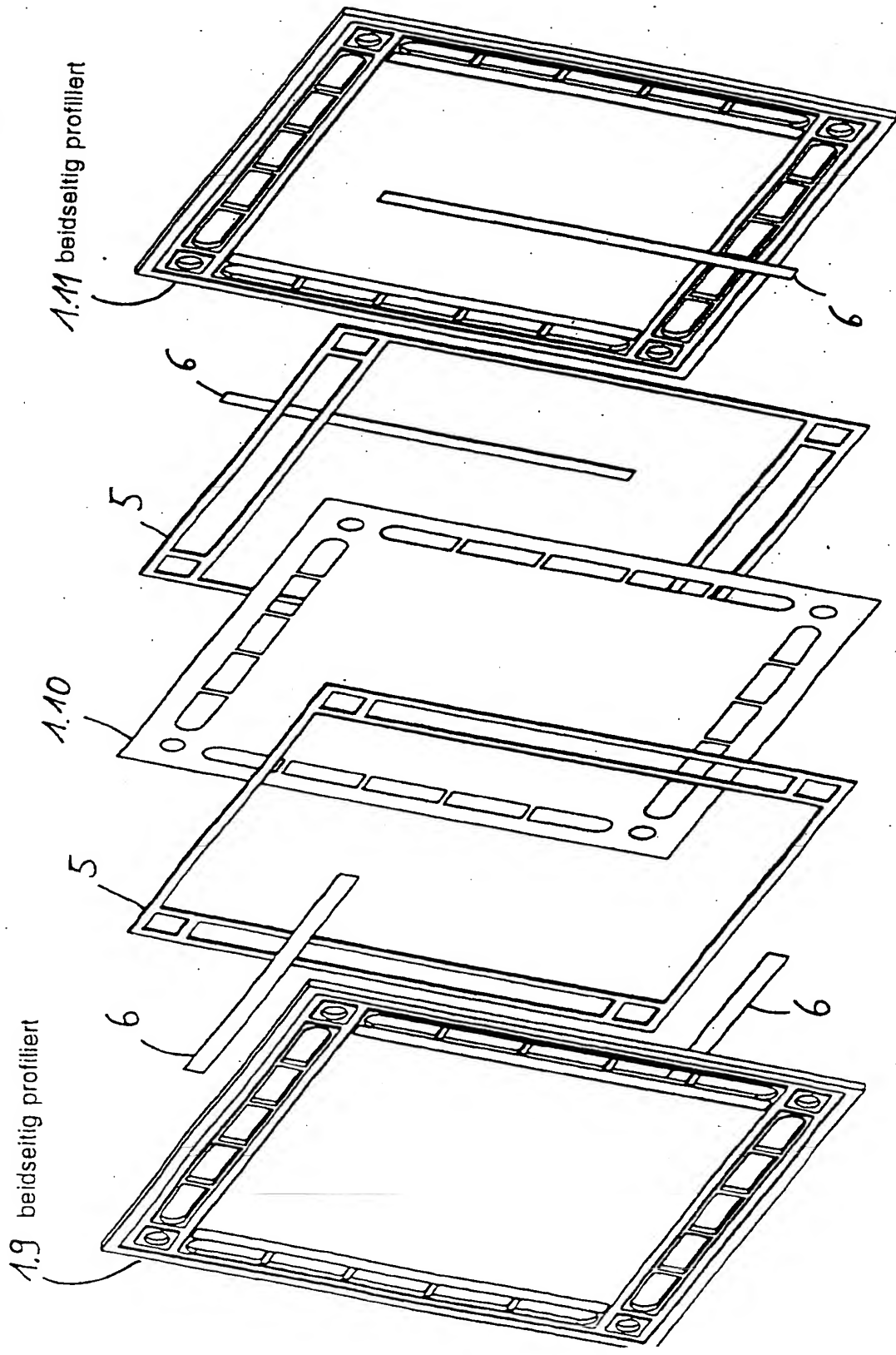
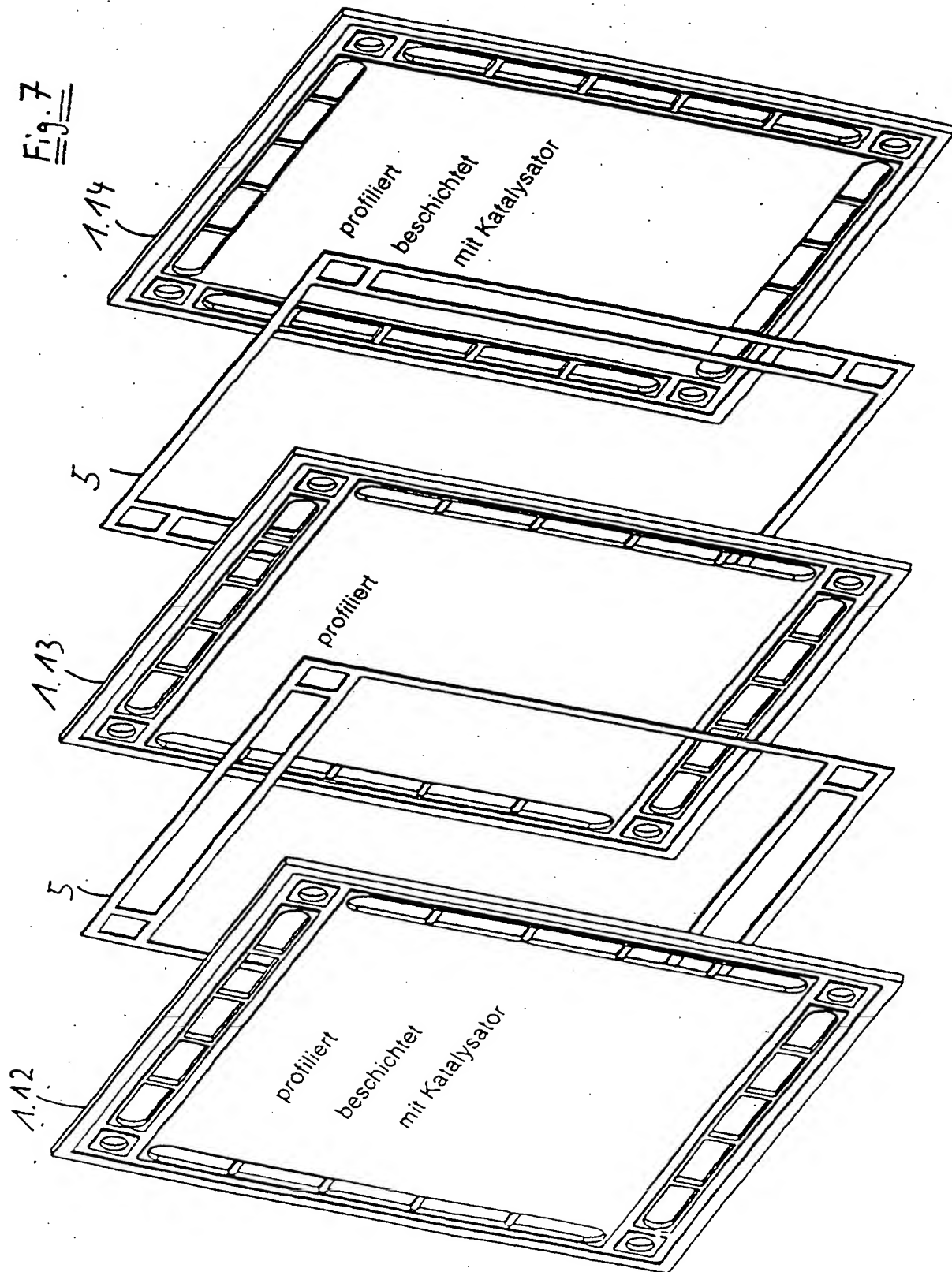
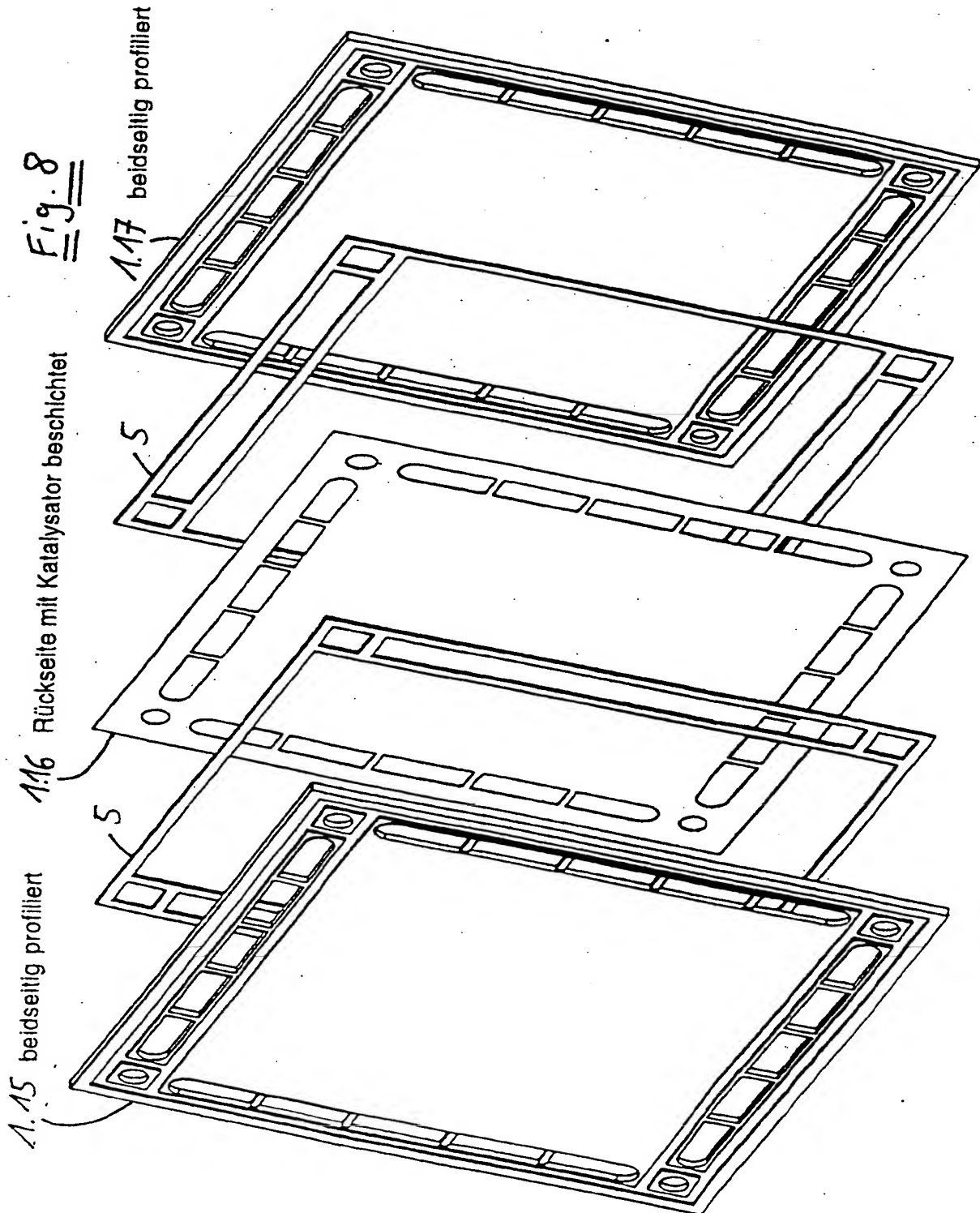


Fig. 6









(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 805 328 A3

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(88) Veröffentlichungstag A3:  
10.03.1999 Patentblatt 1999/10

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: F28D 9/00, F28F 3/08

(43) Veröffentlichungstag A2:  
05.11.1997 Patentblatt 1997/45

(21) Anmeldenummer: 97105472.1

(22) Anmeldetag: 02.04.1997

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
DE FR GB IT

(30) Priorität: 02.05.1996 DE 19617396

(71) Anmelder:  
BALLARD POWER SYSTEMS INC.  
Burnaby, British Columbia V5J 5J9 (CA)

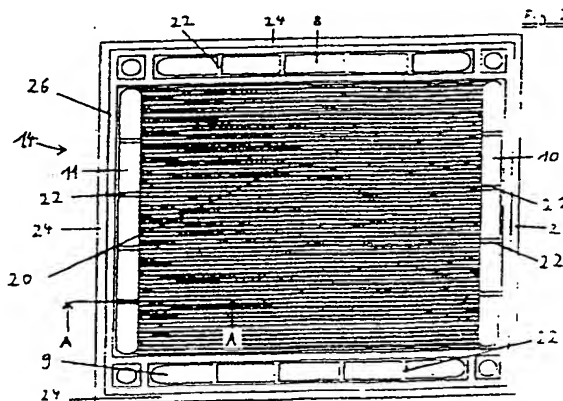
(72) Erfinder:  
• Schmid, Ottmar, Dipl.-Ing.  
88677 Markdorf (DE)

• Nigsch, Harald, Dipl.-Ing.  
88213 Ravensburg (DE)

(74) Vertreter:  
Wilhelm & Dauster  
Patentanwälte  
European Patent Attorneys  
Hospitalstrasse 8  
70174 Stuttgart (DE)

### (54) Strömungsmodul

(57) Die Erfindung betrifft ein Strömungsmodul, umfassend eine Mehrzahl von Plattenelementen (1.1 - 1.17), wobei von den beiden jeweils sich gegenüberliegenden Oberflächen benachbarter Plattenelemente (1.1 - 1.4, 1.6, 1.8, 1.9, 1.11 - 1.15, 1.17) mindestens eine Plattenelementoberfläche eine geradlinig parallel ausgebildete Profilierung (20) aufweist, so daß zwischen benachbarten Plattenelementen Strömungsräume aus einer Mehrzahl geradliniger, paralleler Strömungskanäle (30) gebildet werden, die über Zu- und Abfuhrkanäle alternierend mit einem ersten und einem zweiten Fluid beschickt werden können. Dabei sind die Zu- und Abfuhrkanäle durch miteinander fluchtende Durchbrechungen (8,9,10,11) in den Plattenelementen (1.1 - 1.17) gebildet. Für die Abdichtungen von Strömungsräumen und Zu- und Abfuhrkanälen sind Dichtungen (5) vorhanden, und die Durchbrechungen (8,9,10,11) für die Zu- und Abfuhrkanäle erstrecken sich im wesentlichen über den gesamten Bereich der Profilierung (20), so daß ein ausgeprägter Zu- und Abfuhrraum gebildet ist. Erfindungsgemäß sind in den Durchbrechungen (8,9,10,11) für die Zu- und Abfuhrkanäle mehrere Stege (22) zur mechanischen Stabilisierung angeordnet, wobei in profilierten Plattenelementen diejenigen Stege, welche im Einlaufbereich oder Auslaufbereich der Profilierung angeordnet sind, unterhalb



EP 0 805 328 A3



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 97 10 5472

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
A	DE 725 155 C (W. SCHMIDT KÜHLERFABRIK) 16. September 1942 * das ganze Dokument *	1,2, 13-18	F28D9/00 F28F3/08
A	FR 2 533 021 A (COMP GENERALE ELECTRICITE) 16. März 1984 * Ansprüche; Abbildungen *	1,2,5, 13-23	
A	US 4 124 478 A (TSIEN HSUE C ET AL) 7. November 1978 * Spalte 5, Zeile 1 - Spalte 6, Zeile 47; Abbildungen 1-4 *	1,3,8,9, 12	
A	DE 30 28 304 A (FUJI HEAVY IND LTD) 19. Februar 1981 * Ansprüche; Abbildungen 5-8 *	1,2, 13-23	
A	GB 477 999 A (PRESTAGE, EDWIN) 10. Februar 1938 * Seite 3, Zeile 81 - Zeile 104; Abbildungen *	1,2, 13-23	
A	US 5 212 022 A (TAKAHASHI TSUTOMU ET AL) 18. Mai 1993 * Spalte 6, Zeile 46 - Spalte 8, Zeile 9; Abbildungen 1-5 *	1	
A	EP 0 384 944 A (ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND) 5. September 1990 * Spalte 4, Zeile 22 - Spalte 5, Zeile 31; Abbildungen 2-4 *	1	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 15. Januar 1999	Prüfer Mootz, F
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschrittliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument 3 : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 97 10 5472

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.  
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

15-01-1999

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 725155 C		KEINE	
FR 2533021 A	16-03-1984	KEINE	
US 4124478 A	07-11-1978	KEINE	
DE 3028304 A	19-02-1981	JP 1171487 C	17-10-1983
		JP 56023700 A	06-03-1981
		JP 57061160 B	23-12-1982
		US 4379486 A	12-04-1983
GB 477999 A		KEINE	
US 5212022 A	18-05-1993	JP 2117301 C	06-12-1996
		JP 3105865 A	02-05-1991
		JP 8031322 B	27-03-1996
EP 0384944 A	05-09-1990	JP 2072084 C	25-07-1996
		JP 2226667 A	10-09-1990
		JP 7109773 B	22-11-1995
		US 4933242 A	12-06-1990

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ BLACK BORDERS

☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☐ FADED TEXT OR DRAWING

☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☒ SKEWED/SLANTED IMAGES

☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☒ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**